

KODE/RUMPUN ILMU : 435 / TEKNIK INDUSTRI

LAPORAN

PENELITIAN INTERNAL KELOMPOK MONODISIPLIN

B



JUDUL PENELITIAN

**PENGEMBANGAN MESIN VACUUM FORMING
UNTUK INDUSTRI KECIL MAKANAN**

TEMA PENELITIAN UNIVERSITAS
Kearifan Lokal

TOPIK PENELITIAN UNIT
Sistem Manufaktur dan Industri

Ketua

Theodorus B. Hanandoko, ST., MT.
(NPP. 08.99.665/NIDN. 0502037501)

Anggota

Agustinus Gatot Bintoro, ST., MT.
(NPP. 03.97.617/NIDN. 0512087201)

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknologi Industri
Program Studi Teknik Industri
April 2018

LEMBAR PENGESAHAN		
LAPORAN PENELITIAN INTERNAL : PERORANGAN/KELOMPOK		
MONODISIPLIN		
1	Judul Proposal Penelitian	Pengembangan Mesin Vacuum Forming Untuk Industri Kecil Makanan
2	Kategori Penelitian	A. Penelitian diorientasikan pada penerbitan artikel jurnal ilmiah B. Penelitian diorientasikan menghasilkan HKI/Paten C. Penelitian diorientasikan pada terciptanya buku ilmiah D. Penelitian dilanjutkan Pengabdian pada Masyarakat
3	Tema Penelitian Universitas	A. Kemiskinan C. Kearifan Lokal B. Kebencanaan D. Multikulturalisme
4	Topik Penelitian Unit	Sistem manufaktur dan industri
5	Beban SKS Penelitian	4 sks Berlaku semester Gasal dan Genap 2017/2018
IDENTITAS PENELITI		
6	Nama Peneliti (Ketua)	Theodorus B. Hanandoko, ST., MT.
	Jabatan/Golongan	Lektor/III-C
	NPP/NIDN	08.99.665 0502037501
	Bidang Keahlian	Teknik Industri
	Unit/Fakultas/Jurusan	Unit Jurusan/Program Studi
		Fakultas Teknologi Industri Teknik Industri
	Alamat Rumah	Griya Saka Permai A-36 Ngaglik Sleman
	No. Telp/Faks/Email Peneliti	0818 277 665 Email : hanandoko@mail.uajy.ac.id
	Nama Peneliti (Anggota)	Agustinus Gatot Bintoro, ST., MT.
	Jabatan/Golongan	Lektor / III-C
	NPP/NIDN	03.97.617 0512087201
	Bidang Keahlian	Teknik Industri
	Unit/Fakultas/Jurusan	Unit Jurusan/Program Studi
		Fakultas Teknologi Industri Teknik Industri
	Alamat Rumah	Perum Kaliurang Pratama B10, Sinduharjo, Ngaglik, Sleman, DIY
	No. Telp/Faks/Email Peneliti	081328746367 Email : a.bintoro@mail.uajy.ac.id
7	Lokasi Penelitian	Laboratorium Proses Produksi
	Waktu Pelaksanaan	September 2017 – Mei 2018
8	Dana yang disetujui	Dana UAJY
		Rp 19.669.000,-
	Jumlah Total	Rp 19.669.000,-
9	Terbilang	Sembilan belas juta enam ratus enam puluh sembilan ribu rupiah
10	Spesifikasi outcome penelitian	Desain dan spesifikasi mesin vacuum forming kapasitas 2200 Watt

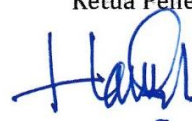
Yogyakarta, 4 April 2018

Mengetahui dan Menyetujui,
Kaprosdi,



Ririn Diar Astanti, D. Eng.
NPP: 11.03.767/NIDN: 0518127702

Ketua Peneliti,



Theodorus B. Hanandoko, ST., MT.
NPP: 08.99.665/NIDN: 0502037501

Mengetahui dan Menyetujui
Pimpinan Unit



Dr. Drs. A. Teguh Siswanto, M.Sc.
NPP: 09.93.464/NIDN: 0521115901

Mengetahui dan Menyetujui
Ketua LPPM



Dr. I Putu Sugiarta Sanjaya, SE, MSi., Ak. CA.
NPP: 12.94.528/NIDN: 0524107001

RINGKASAN

Mesin vacuum forming yang digunakan oleh UKM Darion Moya sebagai produsen coklat praline saat ini memiliki keterbatasan dalam hal lemahnya tekanan vakum udara pada saat proses *vacuum* berlangsung. Tekanan vakum yang lemah ini diakibatkan oleh beberapa hal, di antaranya adalah sistem penguncian mesin yang tidak sempurna dan kapasitas vakum yang kurang. Posisi operator yang tidak sempurna saat proses vakum juga mempengaruhi kecepatan dalam membuka katup vakum sehingga hal ini berakibat pada kualitas hasil cetakan yang tidak sempurna.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan mesin *vacuum forming* yang digunakan saat ini dengan mengacu pada desain mesin Formech 508FS sehingga didapatkan rancangan mesin *vacuum forming* yang lebih baik dalam hal penguncian sistem vakum dan mekanisme angkat meja vakum, sehingga diharapkan dapat memperbaiki kualitas hasil *vacuum forming* saat diwujudkan prototipenya. Metode yang digunakan ialah metode pendekatan sistematis atau *systematic approach*.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah rancangan mesin *vacuum forming* dengan dimensi area forming maksimum 350 x 250 x 100 mm, dan sesuai untuk lembaran plastik *polyvinyl chloride (PVC) rigid sheet* dengan dimensi 400 x 300 mm, dengan sistem penguncian yang dapat diatur tingkat kekencangannya serta perubahan dari mekanisme pengangkat meja vakum.

Kata kunci: *vacuum forming*, pendekatan sistematis, industri kecil makanan

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	8
1.3. Latar Belakang.....	8
1.4. Rumusan Masalah	9
1.5. Tujuan Penelitian.....	10
1.6. Manfaat Penelitian	10
1.7. Urgensi Penelitian	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	12
BAB 3 MANFAAT PENELITIAN	16
BAB 4 METODE PENELITIAN	17
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
5.1. Proses Perancangan	23
5.2. Estimasi Biaya.....	33
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
Lampiran 1. Draft Artikel Ilmiah	36

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Requirement list.....	23
Tabel 5.2. Perluasan dan Pemilihan Kebutuhan	25
Tabel 5.3. Penentuan Demands (D) dan Wishes (W).....	26
Tabel 5.4. Matriks Morphologi	28
Tabel 5.5. Kombinasi Prinsip Kerja	29
Tabel 5.6. Seleksi Varian Solusi Kombinasi Prinsip Kerja.....	30
Tabel 5.7. Embodiment Untuk Pembawa Fungsi.....	31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Roadmap penelitian 2011-2025	21
Gambar 3.1. Fishbone diagram penelitian.....	17
Gambar 3.2. Metodologi Penelitian	22
Gambar 5.1. Desain 3D mesin vacuum forming	32
Gambar 5.2. Assy drawing mesin vacuum forming	33



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Draft Artkel Ilmiah	37
---------------------------------------	----



BAB 1

PENDAHULUAN

1.3. Latar Belakang

Industri makanan dan minuman terus menunjukkan perkembangan yang positif dan memberikan kontribusi yang lebih besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional. Pada periode Januari – September 2014, kontribusi industri makanan dan minuman (termasuk tembakau) secara kumulatif terhadap PDB nonmigas sebesar 36,85%, yang merupakan pertumbuhan tertinggi pada cabang industri non-migas dengan persentase pertumbuhan mencapai 8,80%. Selain itu, industri makanan dan minuman dapat menyerap tenaga kerja langsung lebih dari 1,6 juta orang pada tahun 2014. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian Republik Indonesia tahun 2014, investasi sektor industri makanan dan minuman memberikan kontribusi sebesar 33,3% dari total investasi Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) sektor industri.

Data tersebut di atas memberikan implikasi bahwa kebutuhan kemasan industri makanan juga akan terus menunjukkan pertumbuhan positif. Kebanyakan produk pangan yang ada di pasaran telah dikemas sedemikian rupa sehingga mempermudah konsumen untuk mengenali serta membawanya.

Penggunaan plastik sebagai pengemas pangan terutama karena keunggulannya dalam hal bentuknya yang fleksibel sehingga mudah mengikuti bentuk pangan yang dikemas; berbobot ringan; tidak mudah pecah; bersifat transparan/tembus pandang, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna, dapat diproduksi secara massal, harga relatif murah dan terdapat berbagai jenis pilihan bahan dasar plastik. Berbagai kelebihan itu yang menyebabkan plastik saat ini telah berhasil menggeser penggunaan kemasan logam dan kaca di industri makanan.

Konsumsi produk plastik per kapita Indonesia masih sekitar 10 kg/kapita/tahun, relatif rendah dibandingkan negara-negara ASEAN lainnya seperti Singapura, Malaysia, dan Thailand yang telah mencapai angka di atas 40 kg/kapita/tahun. Potensi peningkatan permintaan plastik di Indonesia masih cukup besar. Kebutuhan produk plastik nasional sekitar 4,6 juta ton per tahun dengan pertumbuhan rata-rata 5% per tahun di mana porsi terbesar (40%) adalah untuk plastik kemasan. Permintaan plastik kemasan terutama didorong oleh pertumbuhan

industri makanan minuman (60%) dan *fast moving consumer good* (FMCG) lainnya. Industri pengguna plastik yang juga cukup besar adalah industri komponen (otomotif dan elektrik/elektronik), konstruksi (profil bangunan, pipa, kabel), dan peralatan rumah tangga. Omzet industri kemasan nasional tahun 2011 mencapai Rp 40 Triliun di mana 51% dari omzet tersebut berasal dari kemasan plastik. Omzet industri kemasan tahun 2012 diperkirakan tumbuh 10%. Konsumsi plastik kemasan di Indonesia tahun 2011 sekitar 1,8 juta ton. Sementara dari sisi supply, utilisasi produksi plastik kemasan di tanah air relatif stagnan di level 70%.

Salah satu teknologi yang digunakan dalam kemasan makanan berbahan plastik adalah *vacuum forming*. *Vacuum forming* merupakan sebuah proses yang bermanfaat dalam industri kemasan di mana lembaran plastik datar mengalami deformasi dan dibentuk pada sebuah cetakan dengan menggunakan beban langsung ataupun perbedaan tekanan pada permukaan lembarannya. Hampir seluruh industri makanan telah atau pernah menggunakan kemasan berbahan plastik dengan proses *vacuum forming*, di antaranya adalah rumah makan, restoran cepat saji, roti/*bakery*, coklat olahan, toko oleh-oleh, dan lain sebagainya.

UKM Darion Moya menjadi salah satu industri kecil yang menggunakan teknologi *vacuum forming* dalam menghasilkan cetakan dan kemasan produknya. Permasalahan yang dihadapi dalam implementasi teknologi ini adalah hasil vakum yang memiliki tingkat cacat produk dalam kisaran hingga 10%, sehingga cukup merugikan mengingat harga bahan baku plastik yang semakin mahal. Mesin saat ini memiliki tekanan vakum 1 bar, dan hasil observasi awal menunjukkan bahwa sistem penguncian mesin yang tidak sempurna dan kapasitas vakum yang kurang mengakibatkan terjadinya cacat produk. Posisi operator yang tidak sempurna akibat sistem pengangkat meja vakum yang menggunakan kaki saat proses vakum berlangsung juga mempengaruhi kecepatan dalam membuka katup vakum sehingga hal ini berakibat pada kualitas hasil cetakan yang tidak sempurna.

1.4. Rumusan Masalah

Sebagai mitra yang menggunakan teknologi *vacuum forming* dalam proses produksinya, UKM Darion Moya membutuhkan rancangan mesin baru yang dapat mengurangi tingkat cacat produk kemasan makanan berbahan plastik. Mesin yang ada saat ini membutuhkan pengembangan pada sistem penguncian dan sistem angkat

meja vakum sehingga diharapkan dapat mengurangi tingkat cacat produk hasil vakum.

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah mendapatkan rancangan mesin vacuum forming untuk kebutuhan industri kecil makanan.

1.6. Manfaat Penelitian

- 1) Terwujudnya proses yang terstruktur dalam upaya mendapatkan keunggulan kompetitif untuk industri kecil dan menengah, khususnya di Yogyakarta dan daerah sekitarnya
- 2) Terjalinnnya kerja sama riil antara pelaku industri dan pendidikan tinggi

1.7. Urgensi Penelitian

Industri nasional khususnya IKM terbukti mampu sebagai tulang punggung perekonomian nasional pada banyak kondisi terutama pada saat krisis. Tetapi tantangan dan ancaman yang dihadapi IKM semakin besar, seperti diberlakukannya Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) 2015 yang salah satu pilar utamanya adalah aliran bebas barang (*free flow of goods*) dan pengaruh sistem produksi modern. Mengingat pentingnya peran IKM dalam perekonomian nasional, maka penguatan pada sektor ini sangat penting dilakukan untuk dapat bersaing dalam lingkungan yang baru. Jika tidak maka industri nasional, khususnya IKM akan kalah bersaing dengan industri besar yang kebanyakan berasal dari negara maju.

IKM yang mampu menjual produknya sampai luar negeri menjadi industri strategis bagi perekonomian nasional. Untuk menyelamatkan industri strategis yang potensial ini diperlukan sebuah kerja kolaboratif dari berbagai pihak, khususnya pemerintah, perguruan tinggi dan IKM sendiri. Untuk meningkatkan kinerja guna memenangkan persaingan dalam pasar bebas Asia maka IKM seharusnya mempunyai keunggulan kompetitif yang dapat tercermin melalui kualitas, kuantitas (biasanya permintaan untuk ekspor selalu dengan kuantitas besar), harga jual produk dan tepat waktu.

Hasil penelitian ini akan membantu IKM untuk memproduksi kemasan makanan untuk produk-produk yang mempunyai pasar di luar negeri. Permintaan komponen ini selalu meningkat dengan tuntutan kualitas semakin tinggi dan harga jual yang kompetitif. Kualitas dan kuantitas komponen produk dapat dicapai dengan proses produksi yang stabil dan terkontrol, sedangkan harga jual produk dapat ditekan melalui penurunan ongkos produksi. Hal-hal tersebut dapat dicapai salah satunya dengan mesin produksi yang memadai.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Vacuum forming merupakan proses di mana lembaran thermoplastik dipanaskan dan dideformasi menjadi bentuk yang diinginkan (Groover, 2007). Udara dalam jumlah besar harus dikeluarkan secara cepat dari ruang antara cetakan dan lembaran plastik. Sebuah lubang plastik tidak akan berfungsi, karena segera setelah lembaran plastik tertarik menutup lubang tersebut, pembentukan di bagian lain akan berhenti. Oleh karena itu lubang aliran udara sebaiknya terdistribusi merata sepanjang permukaan pola. Ukuran lubang udara juga sebaiknya memiliki diameter yang sama dengan ketebalan plastik (Gruenwald, 1998). Salah satu cacat pada *vacuum forming* yang sering terjadi adalah *webbing*, di mana permukaan plastik menjadi mengkerut atau kusut karena pemanasan yang terlalu tinggi dan tidak merata serta daya hisap (*vacuum*) yang lemah (Degussa, 2001).

Proses *vacuum forming* banyak digunakan dalam industri kemasan. Namun demikian penggunaan mesin *vacuum forming* untuk mendukung proses *rapid prototyping* dalam industri coklat praline telah dikemukakan oleh Hanandoko (2011). Mesin *vacuum forming* juga bermanfaat dalam membuat cetakan coklat khas Yogyakarta yang dikombinasikan dengan akrilik (Hanandoko dan Anggoro, 2012 dan 2013), dan cetakan coklat khas Kabupaten Sleman (Hanandoko dan Anggoro, 2014), sementara pemanfaatan mesin untuk kemasan telah diutarakan dalam Hanandoko (2015). Penelitian lain yang terkait dengan mesin *vacuum forming* dapat dilihat pada Tam dan Chan (2007), Walczyk dan Yoo (2009), serta Chimento, et.al. (2011).

Kemasan selalu memiliki peran sebagai pembeda antara suatu produk manufaktur dengan produk lainnya. Peran kemasan juga selalu berubah mengikuti gaya hidup konsumen. Stewart (2012) menyatakan bahwa kemasan harus efektif dalam menampung, melindungi, dan mempromosikan produk dan seharusnya ramah lingkungan dan murah. Perilaku konsumen saat ini yang *mobile* menuntut kemasan yang mengarah ke *travel-size packaging*, mudah dibawa dan sesuai dengan tas bawaan konsumen (Calver, 2004). Kemasan tidak hanya berperan penting saat produk dibawa pulang oleh konsumen dari toko ke rumahnya, melainkan juga harus berperan melindungi selama distribusi produk dari pabrik ke toko-toko retail (Emblem dan Emblem, 2012). Rundh (2009) menyatakan bahwa tantangan desain

kemasan di outlet retail adalah menarik (*silent salesman*), transparan, protektif, dan jelas (berbeda dengan yang lain), mengingat ketersediaan ruang display yang terbatas.

Mengingat peran penting kemasan dalam industri makanan, maka perlu adanya perbaikan mesin untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Kemasan yang dibentuk dari proses *vacuum forming* memang memiliki sifat kurang akurat dalam hal dimensi dan tidak dapat menjangkau bentuk-bentuk yang rumit, namun memiliki keunggulan dalam hal kecepatan produksi dan harga yang murah bila dibandingkan dengan kemasan hasil dari proses *injection molding* (Emblem dan Emblem, 2012). Pengembangan mesin *vacuum forming* juga akan sesuai dengan peta jalan penelitian seperti yang ada dalam Hanandoko (2015), di mana dibutuhkan mesin dan alat bantu industri kreatif untuk mendapatkan *sustainable competitive advantage*. Mesin yang akan diperbaiki atau dirancang ulang adalah mesin vacuum forming dengan daya 2200 Watt (Hanandoko, 2009). Mesin ini telah terbukti mampu menghasilkan kemasan yang *customized*, meskipun dengan kapasitas yang terbatas. Produk hasil mesin vacuum forming yang baru diharapkan mampu memenuhi kebutuhan IKM untuk memenuhi kebutuhan kemasan yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Pengembangan mesin ini akan didukung oleh ketersediaan bahan baku plastik lembaran yang lokasi pabriknya ada di Yogyakarta.

Perbaikan produk dengan merancang ulang produk sering dilakukan apalagi untuk produk-produk yang laku di pasar. Perbaikan meliputi banyak hal, seperti perbaikan kualitas peningkatan kemampuan, penambahan fungsi produk dan lain sebagainya. Perancangan produk maupun perbaikan rancangan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Metode perancangan merupakan prosedur, teknik, bantuan, dan peralatan yang dipakai dalam perancangan produk. Tujuan utama dari metode perancangan adalah untuk menghadirkan prosedur-prosedur yang masuk akal ke dalam proses perancangan. Menurut Cross (1994), metode perancangan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu metode kreatif dan metode rasional.

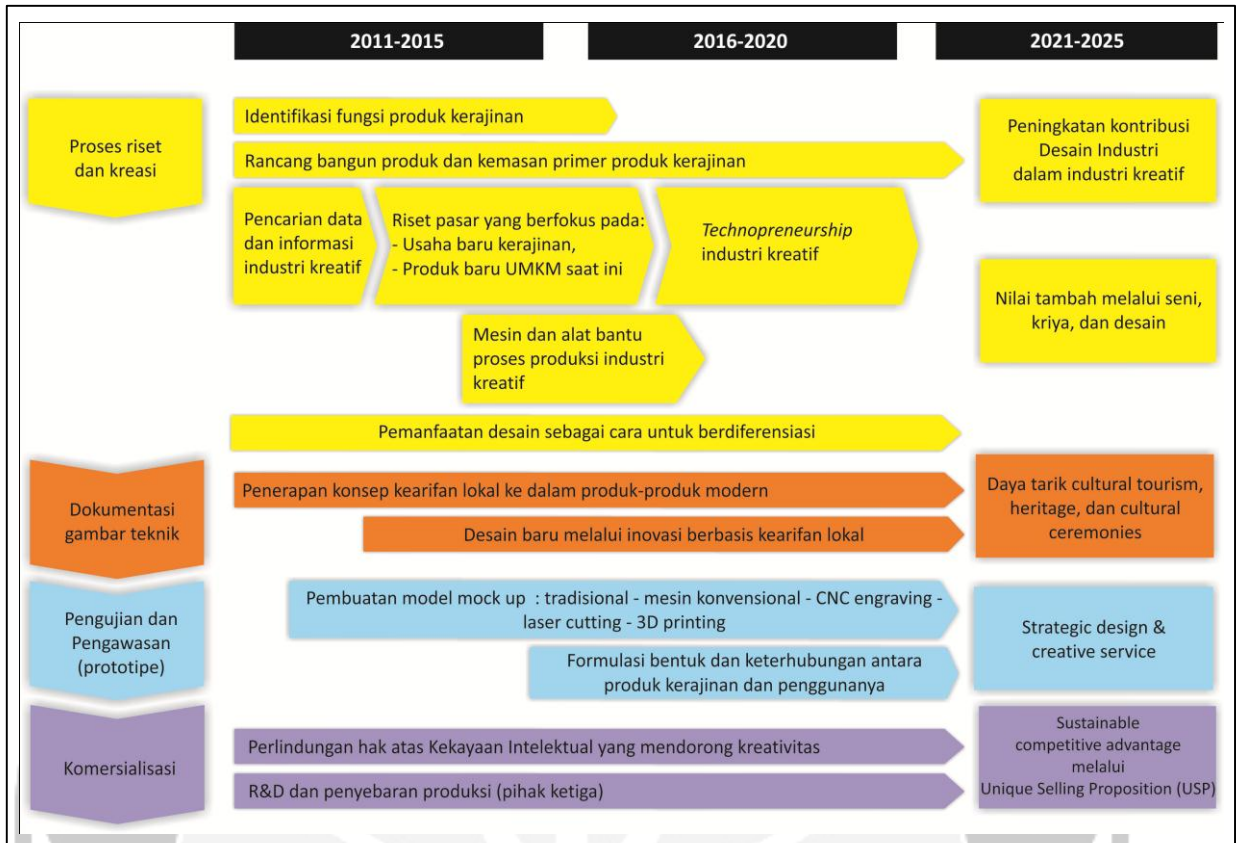
Ada beberapa metode perancangan yang ditunjukkan untuk merangsang cara berpikir kreatif. Tahapan dalam proses perancangan berdasarkan metode kreatif adalah brainstorming, *synectics*, perluasan daerah perancangan, proses kreatif. Brainstorming adalah metode kreatif yang paling banyak dipakai. Brainstorming

merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan ide dalam jumlah banyak, yang kemudian sebagian besar akan dibuang, tetapi beberapa ide yang menarik akan dipergunakan. Tahap ini biasanya dilakukan dalam suatu kelompok kecil yang terdiri dari 4 sampai 8 orang yang beraneka ragam, tidak hanya para ahli tapi juga mereka yang mengenal masalahnya. Tiap-tiap anggota memberikan idenya, kemudian ketua kelompok mengumpulkan semua ide untuk dievaluasi.

Pemikiran yang kreatif seringkali digambarkan pada pemikiran analogis, pada kemampuan untuk melihat persamaan atau hubungan antara topik-topik yang jelas perbedaannya. Penggunaan pemikiran analogis yang terbentuk pada metode perancangan kreatif disebut sebagai *Synectics* (Cross, 1994). Seperti *Brainstorming*, *Synectics* merupakan suatu kelompok aktivitas di mana sikap kritis sangat berperan, dan anggota kelompok berusaha untuk membangun, mengkombinasikan dan mengembangkan ide-ide penyelesaian kreatif dalam menyelesaikan masalah. *Synectics* berbeda dengan *brainstorming*, di mana kelompok mencoba untuk bekerja bersama untuk memperoleh solusi permasalahan, daripada membangkitkan banyak ide. Bentuk penghalang berpikir kreatif yang paling umum adalah mengasumsikan batasan yang lebih sempit di mana solusi dilihat. Teknik-teknik kreatif adalah bantuan untuk memperluas daerah perancangan. Beberapa teknik kreatif untuk memperluas area perancangan adalah *transformation*, *random input*, dan *counter planning*.

Metode-metode di atas dipakai untuk membangkitkan ide-ide kreatif (Cross, 1994). Selain kreatif, ide orisinal dapat muncul secara spontan tanpa penggunaan bantuan untuk berpikir kreatif. Proses kreatif merupakan munculnya suatu ide orisinal secara tiba-tiba.

Penelitian ini akan berfokus pada agenda rancang bangun mesin dan alat bantu industri kreatif, sesuai dengan roadmap penelitian seperti tampak pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Roadmap penelitian 2011 – 2025

Penelitian pengembangan mesin vacuum forming ini merupakan bagian dari periode penelitian tahun 2011 – 2015 di mana fokus penelitian lebih diarahkan pada pemanfaatan desain sebagai cara untuk berdiferensiasi dan mencari nilai tambah pada industri kecil makanan. Perancangan produk telah menjadi bagian dalam roadmap penelitian, dengan didukung pengalaman penelitian sebelumnya yang mengangkat kearifan lokal dalam industri kecil coklat praline. Proses riset dan pembangkitan ide, pemilihan alternatif terbaik, dan dokumentasi gambar rancangan akan menjadi rangkaian dalam penelitian ini sesuai dengan 2 dari 4 aktivitas desain industri.

BAB 3

MANFAAT PENELITIAN

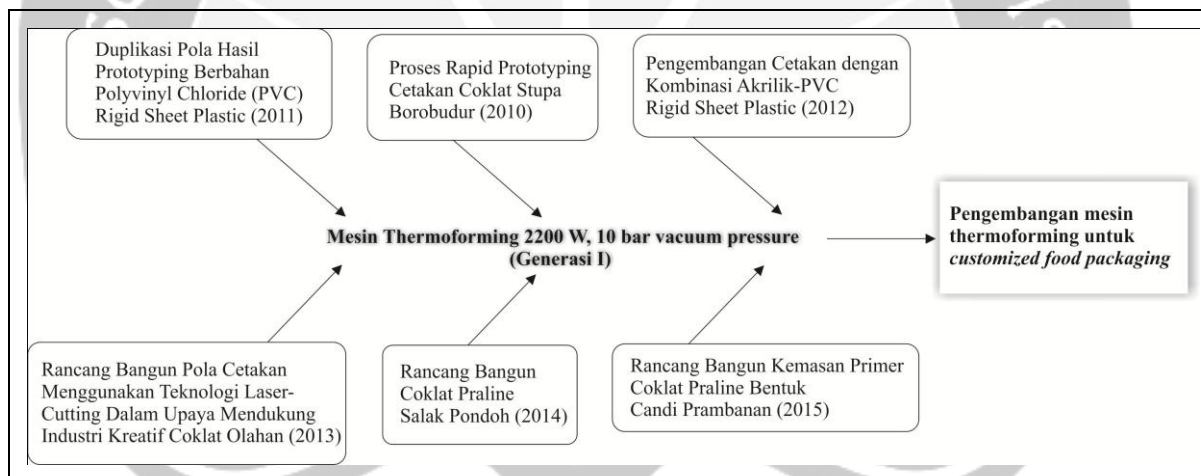
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin *vacuum forming* yang digunakan saat ini dengan mengacu pada desain mesin Formech 508FS. Benchmarking dilakukan dengan pertimbangan bahwa mesin Formech 508FS memiliki sistem yang telah terintegrasi lengkap antara sistem vakum, pendinginan, dan sistem mekanik pendukungnya. Acuan pada mesin Formech tersebut juga diharapkan dapat memberikan alternatif perbaikan sistem pada rancangan mesin *vacuum forming* yang baru, terutama dalam hal penguncian sistem vakum dan mekanisme angkat meja vakum, sehingga diharapkan dapat memperbaiki kualitas hasil *vacuum forming* saat diwujudkan prototipenya.

Manfaat yang akan diperoleh melalui penelitian ini antara lain adalah terwujudnya rancangan mesin vakum yang sesuai dengan kebutuhan UKM di mana proses *vacuum forming* dilakukan untuk menghasilkan cetakan dan *tray* berbahan plastik *rigid sheet*. Melalui rancangan mesin ini diharapkan UKM dapat menghasilkan mesin baru yang lebih handal sehingga dapat meningkatkan efisiensi bahan baku plastik dan kecepatan produksinya, melalui penurunan jumlah kemasan dan cetakan plastik yang cacat. Mesin *vacuum forming* yang baru juga diharapkan menjadi sarana dalam mempertahankan keunggulan kompetitif untuk industri kecil dan menengah, khususnya di Yogyakarta dan daerah sekitarnya. Keunggulan kompetitif ini diperoleh melalui bentuk kemasan yang khas dan tidak mudah ditiru, mengingat proses pembuatannya yang menggunakan teknologi CAD/CAM. Hal ini diperlukan mengingat salah satu kelemahan utama UMKM adalah rendahnya tingkat kompetisi, sehingga dengan model kemasan yang tidak mudah ditiru, UMKM memiliki peluang untuk bersaing karena memiliki ciri khas. Terjalannya kerjasama riil antara pelaku industri dan pendidikan tinggi juga menjadi manfaat dari penelitian ini. Kerja sama yang terjalin adalah melalui teknologi desain CAD dalam rancang bangun mesin *vacuum forming*. Melalui kerja sama ini pula, perguruan tinggi memiliki peluang untuk mengembangkan penelitian yang berfokus pada permasalahan riil industri.

BAB 4

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian terdahulu (lihat: Hanandoko dan Yuniarto, 2010; Hanandoko, 2011; Hanandoko dan Anggoro, 2012; dan Hanandoko dan Anggoro, 2014; dan Hanandoko, 2015). Peta perjalanan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat digambarkan dengan *fish-bone diagram* seperti pada Gambar 3.1. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti digunakan sebagai dasar pengembangan mesin *vacuum forming*. Sedangkan secara struktur kontribusi setiap penelitian telah dibahas pada Bab II.



Gambar 3.1. *Fish-bone diagram* penelitian

Penelitian yang diusulkan merupakan kelanjutan penelitian-penelitian yang telah dilakukan untuk mengembangkan mesin *vacuum forming* yang dibutuhkan IKM. Untuk mencapai tujuan dan menghasilkan keluaran penelitian maka dilakukan dengan langkah-langkah penelitian yang sistematis.

4.1 Studi Pustaka dan Observasi

Studi pustaka dilakukan melalui buku, jurnal dan beberapa referensi pendukung seperti artikel dari internet dan data-data sekunder lainnya yang tersedia

di berbagai pemangku kepentingan. Semua informasi dikumpulkan dan disusun secara terstruktur untuk mendukung penelitian ini.

Observasi dilakukan terhadap mesin yang sudah ada baik yang ada di bengkel-bengkel maupun yang telah digunakan oleh IKM. Untuk mengetahui secara riil kondisi sistem yang terkait dengan mesin yang digunakan oleh IKM, observasi lanjutan akan dilakukan secara terstruktur sehingga dapat diperoleh informasi yang terbaru, akurat dan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

4.2. Perumusan Masalah, Tujuan dan Urgensi Penelitian

4.2.1. Perumusan Masalah

Permasalahan diperoleh dari observasi lapangan (pengamatan dan wawancara) dan studi literatur. Observasi lapangan untuk mengetahui permasalahan yang ada pada sistem produksi yang menggunakan mesin *vacuum forming*. Berdasarkan hal tersebut dan tambahan informasi dari studi literatur maka dapat diketahui gap/celah yang ada pada bidang penelitian ini. Dari kedua hal tersebut maka permasalahan penelitian dapat dirumuskan seperti pada Bab 1.

4.2.2. Tujuan dan Urgensi Penelitian

Tujuan dan urgensi penelitian disesuaikan dengan obyek penelitian dan kepentingan *stake holder* (pemangku kepentingan) terutama pemakai mesin dan konsumen yang memakai/membeli produk keluaran dari mesin. Penelitian yang dilakukan mengambil obyek *vacuum forming* yang dipakai oleh industri kecil dan menengah di DIY. Tujuan dan urgensi ini telah dijelaskan di Bab I.

4.3. Perancangan

Proses perancangan menggunakan gabungan metode kreatif dan rasional. Dua metode ini digabung disesuaikan dengan kebutuhan. Mesin yang dirancang sangat spesifik dan belum populer. Kreatifitas untuk menghasilkan bentuk desain dan mekanismenya perlu digali dari banyak pihak. Berkaitan dengan mekanisme mesin

proses secara rasional lebih ditonjolkan. Rincian proses perancangan menggunakan langkah-langkah/metode sebagai berikut:

4.3.1. Proses Kreatif

Penggalian ide perancangan yang mempunyai kreativitas tinggi diperlukan dalam kasus ini untuk meningkatkan kualitas rancangan dan kualitas akhir dari produk. Beberapa tahapan dalam proses perancangan berdasarkan metode kreatif adalah sebagai berikut :

Brainstorming

Brainstorming adalah metode kreatif yang paling banyak dipakai. *Brainstorming* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan ide dalam jumlah banyak, yang kemudian sebagian besar akan dibuang, tetapi beberapa ide yang menarik akan dipergunakan. Tahap ini biasanya dilakukan dalam suatu kelompok kecil yang terdiri dari 4 sampai 8 orang yang beraneka ragam, tidak hanya para ahli tetapi juga mereka yang mengenal masalahnya. Tiap-tiap anggota memberikan idenya, kemudian ketua kelompok mengumpulkan semua ide untuk dievaluasi.

Synectics

Pemikiran yang kreatif seringkali digambarkan pada pemikiran analogis, pada kemampuan untuk melihat persamaan atau hubungan antara topik-topik yang jelas perbedaannya. Penggunaan pemikiran analogis yang terbentuk pada metode perancangan kreatif disebut sebagai *synectics*. Seperti *brainstorming*, *synectics* merupakan suatu kelompok aktivitas dimana sikap kritis sangat berperan dan anggota kelompok berusaha untuk membangun, mengkombinasikan, dan mengembangkan ide-ide penyelesaian kreatif dalam menyelesaikan masalah. *Synectics* berbeda dengan *brainstorming*, dimana kelompok tersebut mencoba bekerja sama untuk memperoleh solusi permasalahan, daripada membangkitkan banyak ide.

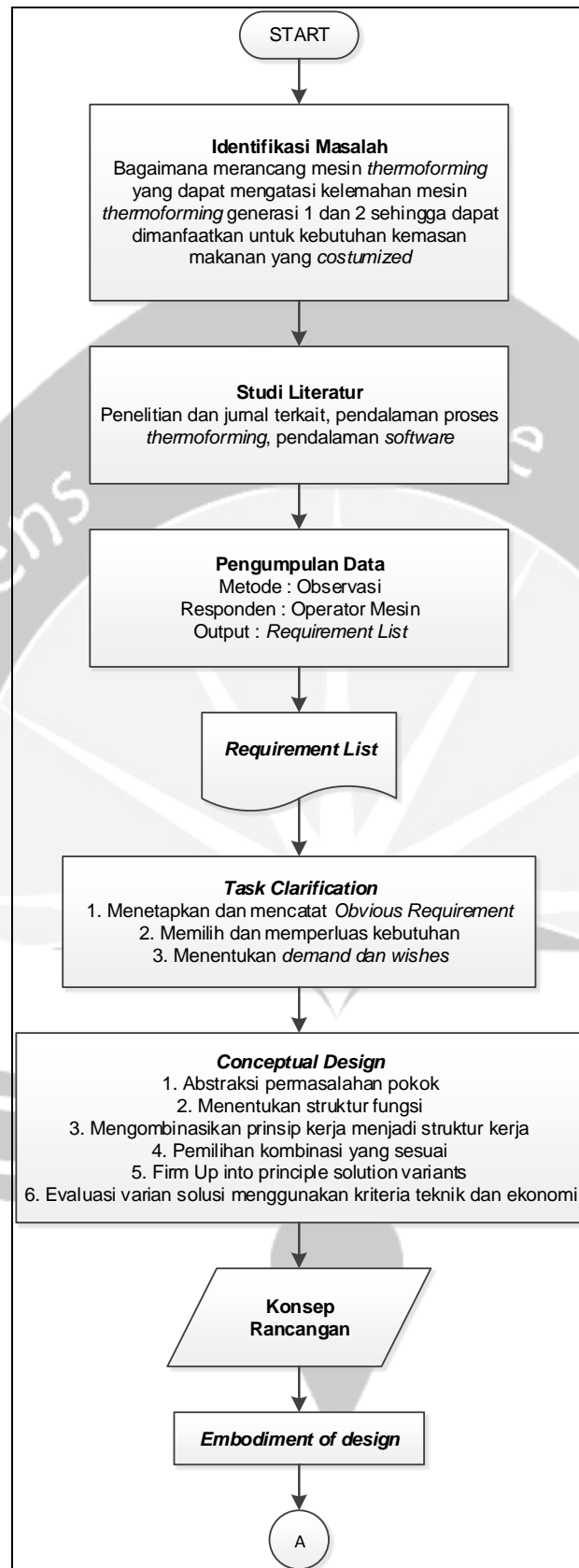
Perluasan Daerah Penelitian

Bentuk penghalang berpikir kreatif yang paling umum adalah mengasumsikan batasan yang lebih sempit dimana solusi dilihat. Teknik-teknik kreatif adalah bantuan untuk memperluas daerah penelitian. Beberapa teknik kreatif untuk memperluas

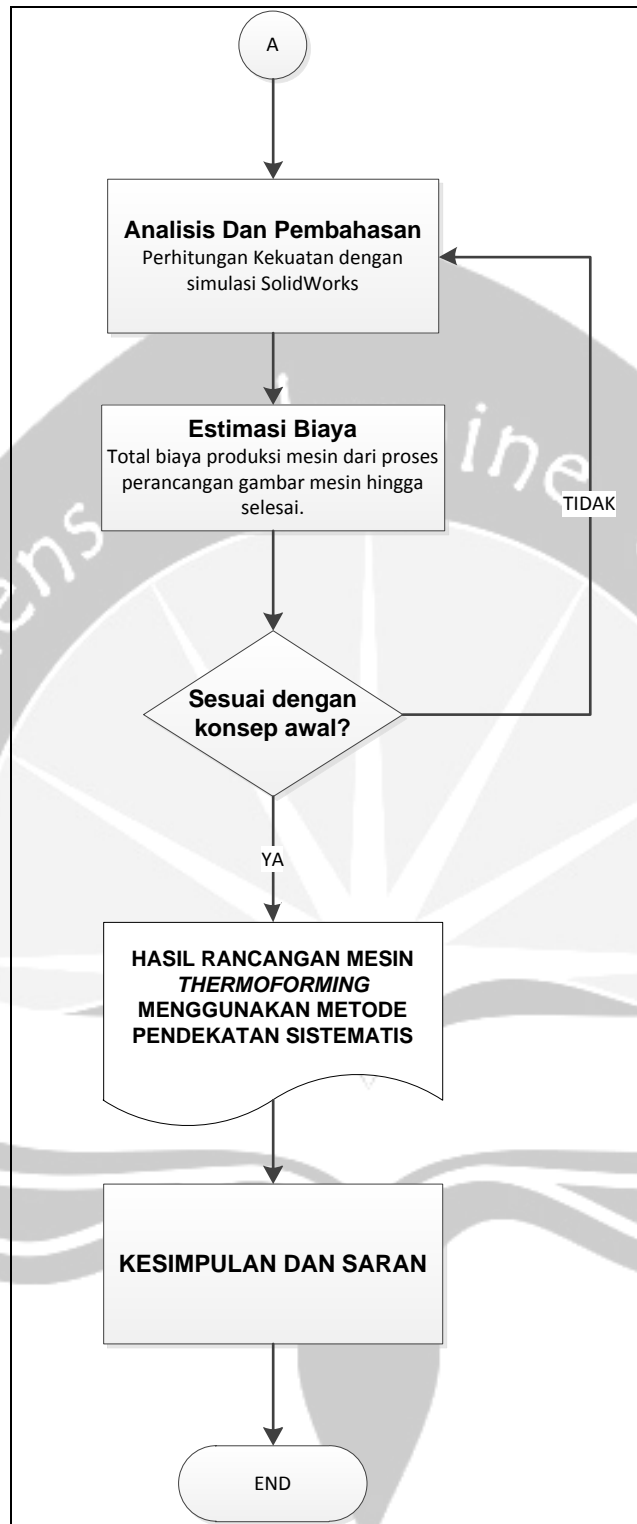
area penelitian adalah *transformation, random input, Why? Why? Why?* dan *counter planning*.

Alur penelitian secara singkat dapat dilihat pada Gambar 3.2.





Gambar 3.2. Metodologi Penelitian



Gambar 3.2. Metodologi Penelitian (lanjutan)

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Proses Perancangan

Observasi dilakukan sebagai langkah awal untuk mengetahui hambatan yang dialami oleh UKM dalam menggunakan mesin saat ini. Sebagai upaya untuk melengkapi hasil observasi sekaligus sebagai langkah benchmarking, UKM juga ditunjukkan performansi mesin vacuum Formech 508, baik secara gambar diam maupun bergerak (video).

Tabel 5.1. berikut merangkum hasil observasi di UKM dengan masukan dari owner dan operator mesin saat ini.

Tabel 5.1. Requirement List

Metode : Observasi Operator : Anhar Suhada	Alat : Kertas, Ballpoint Tempat : UKM Darion Moya, Sleman, Yogyakarta
Mesin vacuum forming yang diobservasi (2200 W)	Mesin Formech 508 FS
	

Tema : Permasalahan yang muncul pada mesin <i>vacuum forming</i> saat ini	
HASIL OBSERVASI	
1. Gejala umum yang terlihat	<p>Sistem pengunci pada meja mesin aus, sehingga proses vakum tidak berlangsung sempurna akibat adanya kebocoran vakum karena tekanan pengunci yang kurang.</p> <p>Beberapa pola cetakan memiliki ketinggian hingga menyentuh lembaran plastik sebelum proses pemanasan berlangsung, dan dikhawatirkan menjadi faktor penyebab terjadinya pemanasan yang tidak rata di sepanjang permukaan plastik karena ada permukaan yang lebih dekat ke sumber panas (heater).</p>
2. Tindakan yang dapat dilakukan	<p>Mengganti sistem penguncian untuk mengurangi kebocoran vakum.</p> <p>Menambah kedalaman area <i>forming</i>.</p>
3. Variabel yang membatasi	<p>Daya listrik diatur pada 2200 W untuk efisiensi energi listrik (home industry).</p> <p>Ukuran panjang dan lebar area <i>forming</i> mengikuti ukuran plastik saat ini yaitu 400mm x 300mm.</p> <p>Kedalaman <i>forming</i> minimal 65 mm karena ukuran tersebut merupakan ukuran tertinggi <i>mold</i> saat ini (mencegah <i>mold</i> menyentuh lembaran plastik).</p>
4. Kondisi ideal yang diharapkan	<p>Mesin dapat dioperasikan dengan area <i>forming</i> yang dapat menampung 2-3 <i>mold</i> sekaligus, distribusi tekanan vakum yang merata, sistem lubang vakum terpusat, sistem pemanas dapat diatur suhu dan area mana yang ingin dipanaskan, luas area <i>forming</i> dapat diatur, serta meminimalkan kebocoran</p>

	vakum. Sistem penguncian plastik dan sistem pengangkat area vakum mengadopsi dari mesin <i>Formech 508FS</i> .
5. Benchmarking pada Mesin <i>Formech 508FS</i>	<p>Dimensi mesin <i>Formech 508FS</i> (ukuran maksimal mesin): 597 x 1100 x 1200 mm</p> <p>Ukuran mesin bisa disesuaikan untuk area plastik 400 x 300 mm</p> <p>Sistem penguncian dapat diatur kekencangannya</p> <p>Sistem lubang vakum terpusat</p> <p>Distribusi tekanan negatif dari pompa vakum merata</p> <p>Proses sliding pemanas (heater) lancar</p> <p>Luas area forming dapat diatur / fleksibel</p>

Task clarification terdiri atas 3 tahap, yaitu menetapkan dan mencatat *obvious requirement*, memilih dan memperluas kebutuhan, dan menentukan *demands* dan *wishes*. Pada tahap *obvious requirement*, dilakukan diskusi dengan pihak UMKM untuk mengumpulkan pernyataan pertama tentang kriteria produk yang diinginkan atau kebutuhan nyata konsumen (*obvious requirements*). Kebutuhan ini berupa kebutuhan dasar (*basic market demands*) dan kebutuhan penarik perhatian (*Attractiveness demands of the market segment*). Tahap ini sesuai dengan Tabel 5.1 di mana telah dilakukan observasi sekaligus pencatatan kebutuhan UKM selaku konsumen tunggal dalam proses rancang bangun ini.

Proses pemilihan dan perluasan kebutuhan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2. Perluasan dan Pemilihan Kebutuhan

Pernyataan	Pengembangan	Pemilihan
Sistem penguncian yang dapat diatur tingkat kekencangannya	Penggunaan sistem penguncian yang mudah pengoperasiannya.	Sistem penguncian menggunakan <i>adjustable toggle clamp</i> seperti penggunaan pada mesin <i>Formech 508FS</i>

Sistem lubang vakum terpusat	Distribusi tekanan vakum terpusat pada satu titik	Lubang vakum diletakkan di tengah-tengah area <i>forming</i>
Kehandalan pompa vakum dalam mendistribusikan tekanan vakum yang merata	Menggunakan pompa vakum yang berkualitas baik dan tidak mudah rusak (handal)	Pemilihan pompa vakum yang memiliki kekuatan tekanan vakum hingga 3 bar
	<i>Frame</i> pengunci plastik menutup dengan baik	Pemilihan karet pada <i>frame</i> pengunci plastik dan konstruksi <i>frame</i> pengunci agar tidak terjadi kebocoran vakum
Sistem pemanas yang dapat diatur suhu dan area mana saja yang ingin dipanaskan	Tidak perlu mengatur letak <i>mold</i> agar mendapatkan panas yang optimal	Pemilihan pemanas dengan dimensi yang lebih kecil namun terdapat lebih dari satu (1) unit agar setiap pemanas dapat diatur pada suhu berapa yang diinginkan
Luas area <i>forming</i> yang dapat diatur panjang dan lebarnya	Plastik berukuran yang lebih kecil dapat di proses pada mesin <i>vacuum forming</i> tersebut	Desain <i>frame</i> pada area <i>forming</i> diberi penambahan <i>frame</i> sebagai <i>reducing windows</i> , agar plastik ukuran yang lebih kecil dapat di proses
Tidak mempersulit operator pada saat proses produksi sedang berlangsung	Mempermudah operator dalam menjalankan mesin <i>vacuum forming</i>	Tombol pengoperasian yang mudah dijangkau operator. Sistem pengangkat dikembalikan untuk difungsikan menggunakan tangan kanan, karena jika menggunakan kaki mengakibatkan posisi operator tidak seimbang saat proses vakum berlangsung.

Langkah selanjutnya adalah menentukan demand dan wishes, dengan hasil seperti tampak pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3. Penentuan demands (D) and wishes (W)








No	Kriteria	Spesifikasi	D/W
1	Dimensi Lembaran Plastik		
	Panjang	400 mm	D
	Lebar	300 mm	D
2	Mesin Vacuum forming		
	1. Geometri		
	Panjang	597 mm	W2
	Lebar	1200 mm	W2

	Tinggi	1100 mm	W2
	2. Area Forming		
	Panjang	350 mm	W1
	Lebar	250 mm	W1
	Kedalaman	100 mm	W1
3	<i>Overall Design</i>		
	1. Penggunaan sistem penguncian yang mudah pengoperasiannya	Sistem penguncian menggunakan <i>adjustable toogle clamp</i> agar dapat diatur tingkat kekencangannya	W1
	2. Distribusi tekanan vakum yang terpusat	Lubang vakum diletakkan di tengah-tengah <i>area forming</i>	W2
	3. Menggunakan pompa vakum yang berkualitas baik dan tidak mudah rusak	Pemilihan pompa vakum yang memiliki kekuatan tekanan vakum hingga 3 bar	W1
	4. <i>Frame</i> pengunci plastik menutup dengan baik	Pemilihan karet pada <i>frame</i> pengunci plastik dan konstruksi <i>frame</i> pengunci agar tidak terjadi kebocoran vakum	W1
	5. Tidak perlu mengatur letak <i>mold</i> agar mendapatkan panas yang optimal	Pemilihan pemanas dengan dimensi yang lebih kecil namun terdapat lebih dari satu unit agar setiap pemanas dapat diatur pada suhu berapa yang diinginkan	W2
	6. Lembaran plastik berukuran yang lebih kecil dapat di proses pada mesin <i>vacuum forming</i> tersebut	Desain <i>frame</i> pada <i>area forming</i> diberi penambahan <i>frame</i> sebagai <i>reducing windows</i> , agar lembaran plastik ukuran yang lebih kecil dapat di proses	W2
	7. Slider pada heater dapat membuka maupun menutup dengan lancar	Penggunaan linear slider yang sudah teruji kehandalannya	W1
	8. Mempermudah operator dalam menjalankan mesin vacuum forming	Tombol pengoperasian yang mudah dijangkau operator	W1

D menyatakan demand, W menyatakan wishes, di mana W1 adalah harapan utama dan W2 adalah harapan menengah, sedangkan W3 (jika ada) adalah harapan minor.

Tahap selanjutnya adalah menetapkan struktur fungsi, berupa diagram input – black box – output, diikuti dengan menetapkan fungsi keseluruhan. Berdasarkan sttruktur fungsi yang telah dibuat, maka dapat diperoleh morphologi chart seperti tampak pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4. Matriks Morphologi

Solution Subfunction		1	2	3
1	Membuat desain sistem pengangkat yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan			
2	Memilih sistem pengunci yang dapat diatur tingkat kekencangannya			
3	Memilih sistem pembawa heater yang handal serta tahan terhadap panas			

Tahap selanjutnya adalah mengkombinasikan prinsip kerja menjadi struktur fungsi kerja. Prinsip kerja dari masing-masing sub fungsi yang sudah diperoleh dikombinasikan menggunakan filling slot. Secara sistematis kombinasi yang muncul berjumlah 12. Jumlah kombinasi ini berasal dari perkalian jumlah varian prinsip kerja setiap sub fungsi. Solusi dan sub fungsi yang digunakan dalam pembuatan kombinasi varian dapat dilihat pada Tabel 5.4, dan hasil kombinasi dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5. Kombinasi Prinsip Kerja

<i>Variant</i>	<i>Working Structure</i>
V ₁	1.1-2.1-3.1
V ₂	1.1-2.1-3.2
V ₃	1.1-2.2-3.1
V ₄	1.1-2.2-3.2
V ₅	1.2-2.1-3.1
V ₆	1.2-2.1-3.2
V ₇	1.2-2.2-3.1
V ₈	1.2-2.2-3.2
V ₉	1.3-2.1-3.1
V ₁₀	1.3-2.1-3.2
V ₁₁	1.3-2.2-3.1
V ₁₂	1.3-2.2-3.2

Schematic selection chart selanjutnya digunakan untuk proses seleksi oleh desainer dan *customer* sehingga menghasilkan varian V₄, V₈, dan V₁₂ sebagai varian yang terpilih kemudian varian-varian terpilih ini akan dibawa pada tahap *Firm up to principle solution variants* agar menjadi solusi yang lebih konkrit, seperti tampak pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.6. Seleksi Varian Solusi Kombinasi Prinsip Kerja

Bagian Pemilihan variasi untuk Mesin Thermoforming											
Varian Solusi (Sv)	Kriteria Seleksi					Keputusan					
	(+) Ya					(+) Ya					
	(-) Tidak					(-) Tidak					
	(?) Informasi Tidak Mencukupi					(?) Kumpulan Informasi					
	(!) Periksa Requirement List					(!) Perubahan Requirement List					
	Kesesuaian Fungsi										
		Biaya Rendah (< Rp. 30.000.000,00)								Keputusan	
		Kesesuaian dengan demand dan wishes (requirement list)									
		Kesiapan pengembangan produk									
		Kesesuaian dengan pertimbangan desain dari desainer									
		Remark (Indikasi, Alasan)									
Sv		A	B	C	D	E					
1	V1	+	+	-	-	-	Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-
2	V2	+	+	-	+	+	Desain tidak sesuai dengan keinginan customer.				-
3	V3	+	-	+	+	+	Biaya produksi tinggi				-
4	V4	+	+	+	+	+	Sesuai dengan demand dan wishes, sesuai dengan pertimbangan dari customer, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				+
5	V5	+	+	-	-	-	Tidak sesuai dengan demand dan wishes, Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-
6	V6	+	+	-	-	-	Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-

Bagian Pemilihan variasi untuk Mesin Thermoforming											
Varian Solusi (Sv)	Kriteria Seleksi					Keputusan					
	(+) Ya					(+) Ya					
	(-) Tidak					(-) Tidak					
	(?) Informasi Tidak Mencukupi					(?) Kumpulan Informasi					
	(!) Periksa Requirement List					(!) Perubahan Requirement List					
	Kesesuaian Fungsi										
		Biaya Rendah (< Rp. 30.000.000,00)								Keputusan	
		Kesesuaian dengan demand dan wishes (requirement list)									
		Kesiapan pengembangan produk									
		Kesesuaian dengan pertimbangan desain dari desainer									
		Remark (Indikasi, Alasan)									
Sv		A	B	C	D	E					
7	V7	+	-	+	-	-	Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-
8	V8	+	+	+	+	+	Sesuai dengan demand dan wishes, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				+
9	V9	+	+	-	-	-	Tidak sesuai dengan demand dan wishes, Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-
10	V10	+	+	-	-	-	Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-
11	V11	+	-	+	-	-	Desain tidak sesuai dengan keinginan customer, tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				-
12	V12	+	+	+	+	+	Sesuai dengan demand dan wishes, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.				+

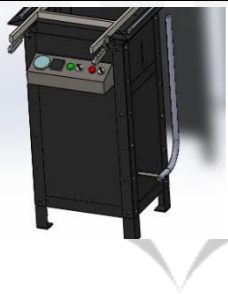


Setelah *requirement* pokok penentuan wujud desain diperoleh, layout kasar dari rakitan dan komponen dibuat dengan penekanan pada *requirements* ini dan disesuaikan dengan fungsi utama (*main function*) yang diperoleh dari konsep.

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi mengenai:

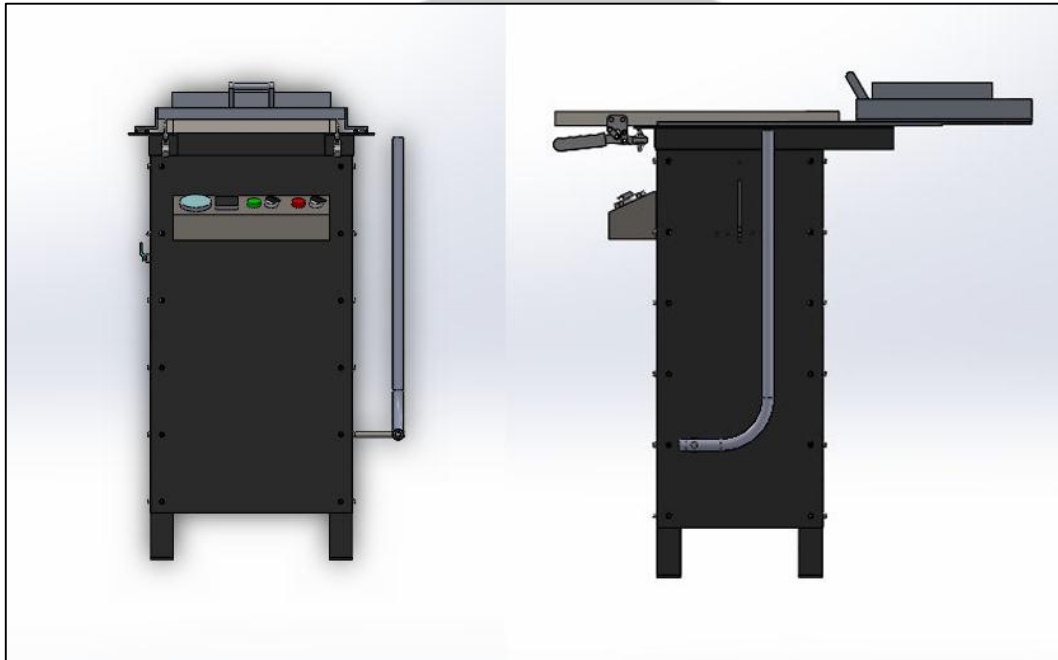
- a. Fungsi utama dan pembawa fungsi yang menentukan ukuran, susunan dan bentuk komponen dari layout keseluruhan.
- b. Fungsi-fungsi pembawa yang harus saling berhubungan atau terpisah ketika menjalankan tugas agar fungsi utama terpenuhi dengan baik.

Berikut dibawah ini terdapat tabel yang berisi ikatan antar fungsi dan bagaimana desain akan diwujudkan.

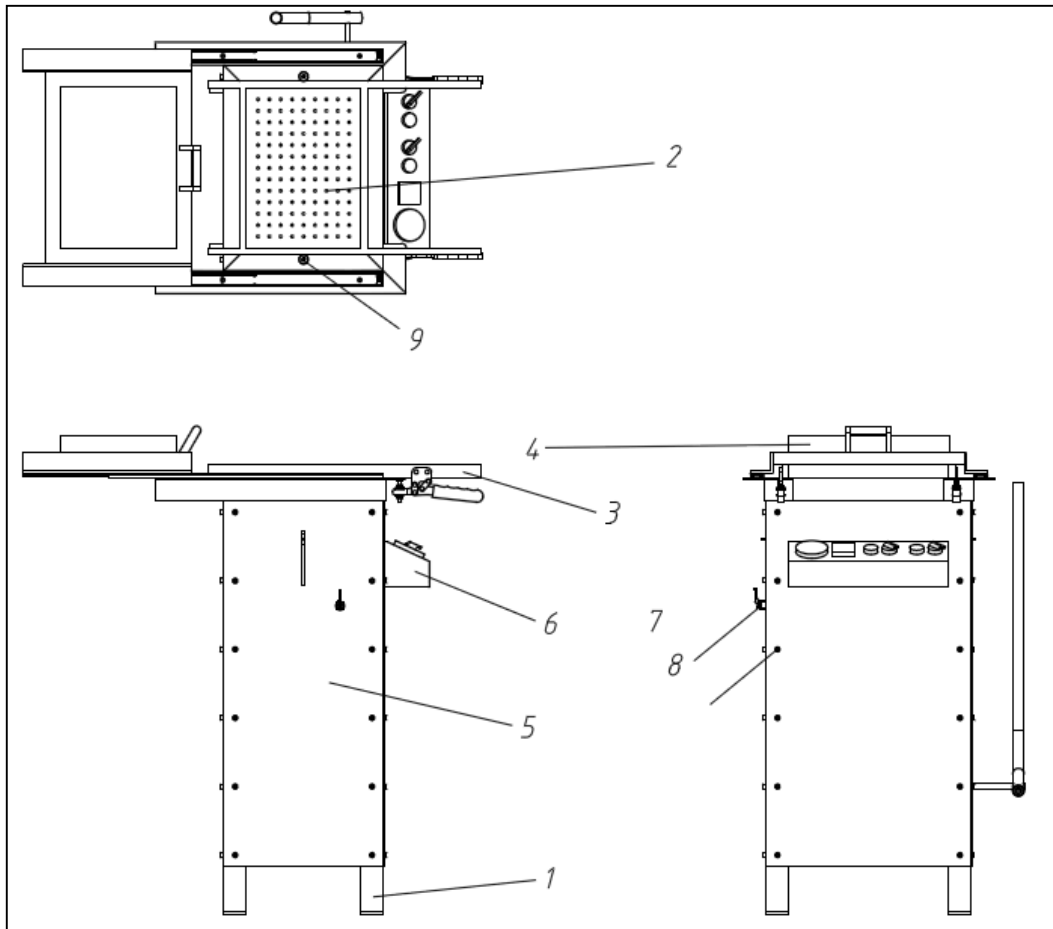
Tabel 5.7. Embodiment untuk Pembawa Fungsi

No.	Fungsi	Pembawa Fungsi	Relasi Fungsi	Karakteristik
1.	Membuat desain sistem pengangkat yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan		No. 2, No. 3	
2.	Memilih sistem pengunci yang dapat diatur tingkat kekencangannya	<i>Toogle Clamp</i> 	No. 1	Tingkat kekencangan dapat diatur sesuai kebutuhan
3.	Memilih sistem pembawa heater yang handal serta tahan terhadap panas	<i>Linear Drawer Slider</i> 	No. 1	Tahan panas, Handal

Tahap terakhir adalah melakukan penggambaran 3D bentuk mesin, seperti tampak pada Gambar 5.1. Penggambaran mesin dilakukan untuk memberikan kepada UKM gambaran alternatif yang telah dipilih. Gambar assy mesin (Gambar 5.2) juga membantu menjelaskan kepada UKM untuk merealisasikan mesin. Pembuatan dilakukan menggunakan *software SolidWorks 2012*.



Gambar 5.1. Desain 3D mesin vacuum forming



Gambar 5.2. Assy drawing mesin vacuum forming

5.2. Estimasi Biaya

Estimasi biaya pembuatan mesin vacuum forming ini mencakup aspek biaya yang timbul dari komponen beli (purchased part) seperti misalnya pompa vakum, heating element, thermocouple; biaya material misalnya untuk rangka, meja vakum; biaya permesinan untuk komponen-komponen yang harus melalui proses permesinan seperti rangka, handle, meja vakum; dan biaya operator. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa estimasi biaya produksi mesin vacuum forming ini adalah sebesar Rp 15.800.000,- (lima belas juta delapan ratus ribu rupiah). Biaya ini sesuai dengan harapan UKM di mana biaya pembuatan mesin diinginkan untuk tidak melebihi Rp 30.000.000,- (tiga puluh juta rupiah).

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Mesin vacuum forming yang dihasilkan dapat mengatasi kelemahan mesin generasi sebelumnya (Generasi 1 dan Generasi 2), sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan kemasan makanan yang *costumized*. Mesin dapat dioperasikan oleh satu operator saja. Spesifikasi dari mesin *vacuum forming* yang telah dirancang memiliki dimensi rangka yaitu 550 x 350 x 955 mm, dimensi area forming 350 x 250 mm mengikuti dimensi maksimum plastik yang ada sebesar 400 x 300 mm, membutuhkan daya 2000 watt, tekanan vakum sebesar 3 bar, dengan perkiraan biaya total pembuatan sebesar Rp. 15.800.000,-.

Keterbatasan area kerja mesin ini menjadi kelemahan paling menonjol saat ini, sehingga kurang fleksibel jika digunakan untuk kemasan-kemasan berukuran besar, ataupun untuk penempatan beberapa pola sekaligus di atas meja vakum. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan untuk memperbesar area meja vakum atau adanya penambahan sistem *clamping* yang dapat diatur dimensinya supaya konsumen bisa menggunakan plastik dengan ukuran yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Calver, Giles, 2004, *What is Packaging Design*, RotoVision SA
- Chimento J., Highsmith M. J., Crane, N., 2011, *3D-printed tooling for vacuum forming of medical devices*, *Rapid Prototyping Journal*, 17/5 (2011) 387–392, Emerald Group Publishing Limited
- Coles, Richard; Kirwan, Mark; 2011, *Food and Beverage Packaging Technology*, 2nd edition, Blackwell Publishing Ltd
- Cross, N., 1994, *Engineering Design Methods*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Cross, N. 2008. *Engineering Design Methods-Strategies for Product Design*. 4th ed. John Wiley & Sons, Chichester.
- Degussa, 2001, *Extrusion and Vacuum forming Of Polymer and Cyrolite*, Cyro Industries, USA
- Departemen Perindustrian, 2007, *Pengemasan, Penyimpanan dan Pelabelan*, Jakarta
- Emblem, Anne; Emblem, Henry, 2012, *Packaging technology : Fundamentals, Materials, and Processes*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge
- Gilmore II, James H, Pine, B. Joseph, 1997, *The Four Faces of Mass Customization*, Harvard Business Review
- Groover, Mikel P., 1996, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, Prentice-Hall International Edition, USA
- Hanandoko, 2009, *Rancang Bangun Mesin Vacuum forming 2200 Watt*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hanandoko, 2011, *Duplikasi Pola Cetakan Hasil Prototyping Untuk Pembuatan Cetakan Berbahan Polivynil Chloride (PVC) Rigid Sheet Plastic*, *Jurnal Teknologi Industri* Volume 13, Nomor 3

- Hanandoko, Theodorus B.; Yuniarto, A. Tonny; 2011, ***Proses Rapid Prototyping Cetakan Berbahan Polyvinyl Rigid Sheet Plastic Sebagai Nilai Tambah dalam Industri Coklat Praline***, Proceeding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (Ritektra), ISBN : 978-602-97094-3-8
- Hanandoko, Theodorus B.; Anggoro, P. Wisnu; 2012, ***Pengembangan Cetakan dengan Kombinasi Akrilik - PVC Rigid Sheet Plastic untuk Meminimalkan Cacat Parting Line pada Coklat Praline***, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hanandoko, Theodorus B.; Anggoro, P. Wisnu; 2013, ***Rancang Bangun Pola Cetakan Menggunakan Teknologi Laser Cutting***, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hanandoko, Theodorus B.; Anggoro, P. Wisnu; 2014, ***Rancang Bangun Coklat Salak Pondoh Dalam Upaya Mendukung Kearifan Lokal Kabupaten Sleman***, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hanandoko, 2015, ***Rancang Bangun Kemasan Primer Coklat Bentuk Candi Prambanan***, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Rundh, Bo, 2009, ***Packaging Design : Creating Competitive Advantage with Product Packaging***, British Food Journal, Vol. 111 No. 9, pp. 988-1002, Emerald Group Publishing Limited
- Stewart, Bill, 2012, ***Packaging design and development***, Woodhead Publishing Limited, Sheffield Hallam University, UK
- Tam, K.W, Chan, K.W., 2007, ***Vacuum forming mould design using a reverse engineering approach***, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing Vol. 23, pp.305-314
- Walczyk, D. F., Yoo, S., 2009, ***Design and fabrication of a laminated vacuum forming tool with enhanced features***, Journal of Manufacturing Processes 11, pp.8-18